

Timo Toivanen

SORMIJATKOSLINJAN ASENNUS, KÄYTTÖÖNOTTO JA OPTIMOINTI

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne
Kone ja tuotatotekniikka
Kevät 2008



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Timo Toivanen	
Työn nimi Sormijatkoslinjan asennus, käyttöönotto ja optimointi	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Tietokoneavusteinen tuotanto ja kunnossapito	Ohjaaja(t) yliop. Eero Pikkarainen Toimeksiantaja Woodpolis, Kuhmo
Aika 1.7.2007-11.4.2008	Sivumäärä ja liitteet 39+3
<p>Woodpolis on Kuhmossa toimiva, Kuhmon kaupungin hallinnoima projekti, jonka tarkoituksena on kouluttaa ja tukea kainuulaisia puualan yrityksiä. Woodpolis on laajentamassa konekantaansa, ja laajennuksen yhtenä tärkeänä osana on sormijatkoslinja. Woodpolis hankki Spanevello LGC 300 Compact Basic Flat – sormijatkoslinjan Eurotec Oy:ltä kesällä 2007. Tämän insinöörityön tarkoituksena oli toteuttaa tuotantolinjan toimintaan saattaminen Woodpoliksessa.</p> <p>SPANEVELLO LGC 300 Compact Basic Flat-sormijatkolinja koostui seuraavista osista:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Vapaatoiminen 6 metrin syöttörullasto sahalle.2. Paineilmatoiminen katkaisusaha Bottene.3. Vetävä 6 metrin rullakuljetin, jossa kaksi kuljetinta sekä sivusiirto.4. Automaattinen sormijatkoskone Spanevello LGC 300.5. Vetävä 12 metrin rullakuljetin ja sivulle työntöaisa. <p>Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa tuotantolinjan asennus, käyttöönotto sekä optimointi. Työ koostui layout-suunnittelusta, koneen tarvitsemien ”putkistojen”(paineilma, sähkö ja purunpoisto) ja muiden laitteiden suunnittelusta ja asennuksesta, itse sormijatkoslinjan asennuksesta sekä koneen käyttöönotosta ja optimoinnista. Työhön kuului myös koneelle sopivien tuotantoasetusten etsiminen.</p> <p>Linja on tuotannollisessa sekä koulutuskäytössä Woodpoliksessa.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Sormijatkoslinja, sormijatkaminen.
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Timo Toivanen	
Title Finger-joint Line Installation, Up-running and Optimizing	
Optional Professional Studies Computer Aided Production and Maintenance	Instructor(s) Eero Pikkarainen
	Commissioned by Woodpolis
Date 1.July 2007-11.April 2008	Total Number of Pages and Appendices 39+3
<p>Woodpolis is Kuhmo citys administer project, which purpose is train and support kainuu's woodindustry companies. Woodpolis is expanding it's machine selection and one important part of this is fingerjointline. Woodpolis purchase Spanevello LGC 300 compact basic flat- fingerjointline from Eurotec ltd. summer 2007. The purpose of this Bachelor's thesis was to realise this production lines production in Woodpolis.</p> <p>SPANEVELLO LGC 300 basic flat-fingerjointline is made with following parts:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Free rolling, 6 meter long, infeed roller for saw. 2. Compressed air operated cutting saw. 3. Pulling 6 meter long roller with 2 rolling lines and sidepush. 4. Automated fingerjoint machine Spanevello LGC 300. 5. 12 meter long roller with sidepush. <p>Bachelor thesis objective was plan and carry out above mentioned production line installation, up-running and optimizing. Work includes layout planning, planning and installation for pipelines (compressed air, electricity and wood debris) and other devices for line, installation of fingerjointline and it's up-running and optimizing. Work includes also search for right production setup for machine.</p> <p>Line is on production and educational use in Woodpolis.</p>	
Language of Thesis finnish	
Keywords	Finger-joint line, finger-joint
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Opinnäytetyöni aihe löytyi työharjoitteluajanani Woodpoliksessa. Asennuksen, oheislaitteiden ja layoutin suunnittelu tapahtui heinäkuun 2007 alusta joulukuun 2007 loppuun asti. Sormijatkolinjan käyttöönotto ja optimointi tapahtui tammikuussa 2008. Kirjoitustyötä tein jo osittain vuoden 2007 aikana ja loput vuoden 2008 aikana.

Työssäni sain perehtyä teollisuusympäristön suunnitteluun sekä konelinjan asennukseen.

Kiitän Woodpolista mielenkiintoisesta ja antoisasta ajasta niin harjoittelun kuin lopputyön ajalta. Kiitän myös Kajaanin ammattikorkeakoulua tasokkaasta opetuksesta ja tuesta lopputyön teon ajalle. Erityinen kiitos kuuluu myös Matti Stenroosille sekä työni valvojalle Eero Pikkaraiselle.

Kuhmossa 10.4.2007

Timo Toivanen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	2
2 SORMIJATKAMISEN PERUSTEET	4
2.1 Yleistä	4
2.2 Valmistusolosuhteet, materiaalit ja laitteet	5
3 SORMIJATKOSLINJAN RAKENNE	8
3.1 Pitkäsyöttöiset	8
3.2 Poikittaissyöttöiset	9
3.3 Eräsyöttöiset	10
3.4 Pitkittäissyöttöisen sormijatkoslinjan perusrakenne	11
3.4.1 Syöttölaitteisto	11
3.4.2 Sahayksikkö	11
3.4.3 Syöttölaitteisto sahan ja sormijatkoskoneen välissä	12
3.4.4 Sormijatkoskone	12
3.4.5 Purkupuolen kuljetin	13
4 WOODPOLIKSEN SORMIJATKOSLINJAN RAKENNE	14
4.1 Syöttölaitteisto	14
4.2 Katkaisusaha Bottene	14
4.3 Syöttölaitteisto sahan ja sormijatkoskoneen välissä	15
4.4 Sormijatkoskone Spanevello LGC 300 Basic Flat	16
4.5 Purkukuljetin ja sivusiirtoaisa	22
5 LINJAN LAYOUT-SUUNNITTELU	23
6 SORMIJATKOSLINJAN OHEISLAITTEET SEKÄ PUTKILINJOJEN VETO	27
6.1 Paineilma	27
6.2 Purunpoisto	28
6.3 Sähkö	30
7 LINJAN KÄYNTIINAJO	31
8 LINJAN OPTIMOINTI	33

9 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	39
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Suomen tiedotusvälineissä on viime aikoina kohistu raakapuun saatavuuden heikosta tilanteesta. Tehtaita on jopa suljettu sillä perusteella, että raakapuuta ei saada tarpeeksi. Mekaanisen puunjalostuksen tarpeisiin puuta on tähän asti saatu tarpeeksi, mutta onko tulevaisuus tällainen? Puutavarain tehokkaampi hyväksikäyttö voi olla ratkaisu ongelmaan. Tässä kohtaa ratkaisu voi olla sormijatkaminen, jolla puutavarasta syntyvän hukkapuun osuus saadaan vähemmään merkittävästi. Sormijatkamalla voidaan myös jo syntynyttä ”hukkapuuta” jatkaa takaisin käyttökelpoiseksi tavaraksi.

Sormijatkaminen on yleistynyt puuteollisuudessa myös muilla aloilla kuin kantavien rakenteiden valmistuksessa. Tästä lähtökohdasta Woodpolis oli päättänyt hankkia itselleen käyttöön sormijatkotuotantolinjan niin koulutus- kuin tuotantokäyttöön.

Woodpolis tähtää osaamistason nostamiseen puurakentamisessa tarjoamalla koulutukseen, tuotekehitykseen ja tuotantoon soveltuvan toimintaympäristön, joka koostuu nykyaikaisista puuntyöstökoneista ja ohjelmistoista. Koulutuksessa toimitaan yhteistyössä eriasteisten oppilaitosten kanssa. Palvelujen tuottamisen ja kehittämisen lähtökohta on yrityslähtöisyys.

Woodpoliksen koulutus huippunykyaikaisilla puuntyöstökoneilla suunnitellaan yrityksen tarpeiden mukaan. Koulutuspalveluja tarjotaan kiinteässä yhteistyössä Kainuun ammattiopiston, Kajaanin ammattikorkeakoulun, AEL:n ja Kainuun TE-keskuksen kanssa. Woodpolis järjestää myös täsmä- sekä intensiivikoulutuksia ja seuraa yrityskentän koulutustarpeita aktiivisesti.

Woodpolis käynnistettiin vuonna 2005 aluksi osana Kainuun ammattiopistoa. Tällöin alkoi Woodpoliksen konekannan kehittäminen ja koulutuksen suunnittelu. Vuonna 2006 Woodpolis eriytyi omaksi hankkeekseen ja siirtyi Kantolan teollisuusalueella sijaitsevaan teollisuushalliin. Vuoden 2006 aikana konekanta laajennettiin edelleen ja kurssitarjontaa monipuolistettiin. Vuoden 2007 alussa Woodpoliksen toiminta pääsi kunnolla käyntiin, kun koneet oli saatu asennettua paikoilleen ja kurssien muoto ja tarve selvitettyä.

Työharjoitteluni alkoi Woodpoliksessa 5.6.2007 juuri, kun sormijatkoslinjan hankinnasta neuvoteltiin. Linjan hankintaa oli alettu selvittää vuoden 2007 alussa, ja tarjouksia oli pyydet-

ty useasta yrityksestä. Sormijatkoslinjan hankintasopimus allekirjoitettiin 19.7.2007, ja tämän jälkeen alkoi työ linjan layoutin ja muun koneen tarvitseman konekannan selvittämiseksi (paineilma, sähkö ja purunpoisto).

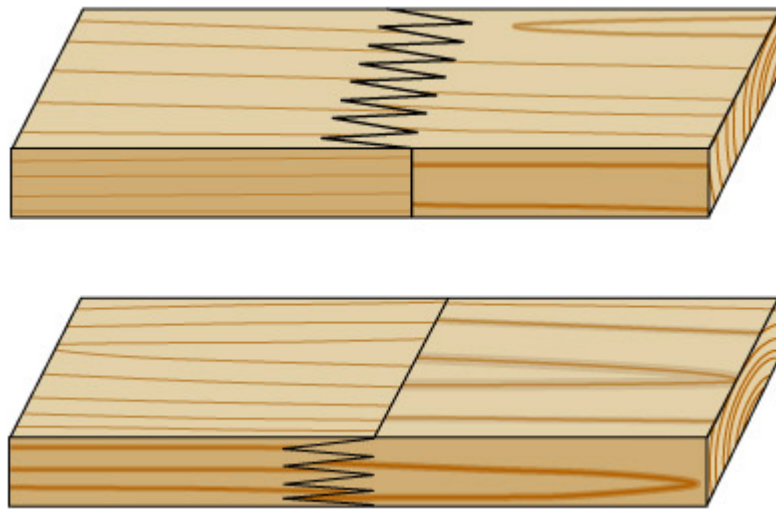
Työ keskittyi linjan asennuksen suunnitteluun, koneen tarvitsemien perustarpeiden suunnitteluun ja toteutukseen sekä itse linjan käyntiinajoon. Työssä ei ryhdytty linjan tarkempaan optimointiin, koska kone voi jatkaa niin useaa erimittaista puutavaraa, ettei kaikkien läpi käyminen olisi ollut järkevää.

Insinööritöiden tarkoituksena oli tarjota Woodpolikselle mahdollisimman suuri hyöty insinööritöiden tekoajalta, ja työssä oli koko ajan lähtökohtaisesti tärkeintä, että linja saadaan toimintakuntoon.

2 SORMIJATKAMISEN PERUSTEET

2.1 Yleistä

Sormijatketulla rakennesahatavaraa tarkoitetaan puutavaraa, joka on jatkettu pituussuunnassaan sormijatkoksella siten, että jatkettu puutavara täyttää asetetut rakennesahatavaran lujuusvaatimukset. Sormijatkos voi olla puussa joko syrjän tai lappeen suuntaisesti, kuten kuva 1 osoittaa.



Kuva 1. Syrjän ja lappeen suuntainen sormijatkos. [1]

Jatkettua puutavaraa voidaan käyttää kantaviin rakenteisiin, mikäli jatkosten valmistus tapahtuu ympäristöministeriön hyväksymän laaduntarkastuksen alaisena. Sormijatketulle rakennesahatavaraalle asetetut laatuvaatimukset sekä jatkettun sahatavaran käyttö eri rakenteissa on määritetty seuraavissa määräyksissä.

- Suomen rakennusmääräyskokoelma: B10, Puurakenteet
- Standardi En 385/2001, Sormijatkettu rakennesahatavara, käyttövaatimukset ja tuotannon vähittäisvaatimukset.
- DIN 68140-1 : 1998-02., Keilzinkenverbindungen von Holz.

2.2 Valmistusolosuhteet, materiaalit ja laitteet

Tuotantotilat

Sahatavaran tasaannuttamis-, jatkamis- ja jatkoksen kovettumistilojen lämpö ja kosteus on oltava hallittavissa siten, että puun tasapainokosteusvaatimukset saavutetaan. Tiloissa on oltava ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittauslaitteet.

Sahatavara

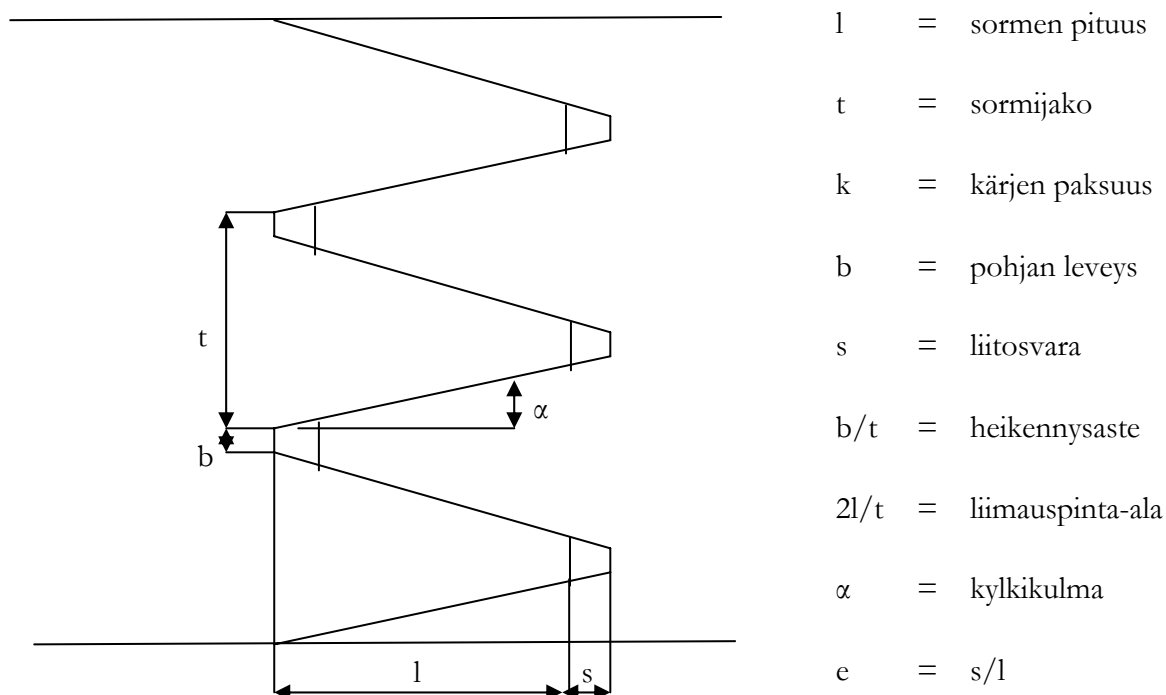
Sahatavara on lajiteltava ja tarkastettava visuaalisesti tai koneellisesti. Suomessa käytetään lujuuslajittelussa sahatavarassa lajitteluluokkia T30, T24 ja T18. Luokkajakoa ei käydä sen tarkemmin läpi, koska sormijatkoslinjalla ei tässä vaiheessa ole tarkoitus tehdä lujuuslajiteltua tavaraa. Sahatavaran kosteuden on oltava väliltä 8 – 18 %. Eräillä liimoilla voidaan käyttää ylärajana 23 %:a. Yhteen liitettävien kappaleiden kosteusero saa olla korkeintaan 5 %. Puun lämpötilan jatkoksessa on oltava vähintään 15 °C. Eräillä liimoilla alaraja on 20 °C.

Katkaisu

Sahatavara on katkaistava tai tasattava siten, ettei jatkosalueella ole oksia, syyhäiriöitä, pihkaskujuja eikä muita vikoja, jotka heikentävät jatkosta tai haittaavat liimausta, kuten lyly (jänhus, syntyy puun ollessa vedossa tai puristuksessa), pihkapuu yms. Lähempänä kuin 100 mm:n päässä jatkosalueesta saa olla yli 6 mm:n oksia ainoastaan kolme kertaa oksan mitan etäisyydellä. Sahatavara on katkaistava niin, etteivät muotoviat vaikuta haitallisesti jatkamiseen. Lujuuslajittelussa puutavarassa jatkettavien kappaleiden pituus tulee olla yli 0,6 metrin mittaisia.

Sormien työstö

Lujuuslajittelussa sormijatkoksessa sormien työstö on tarkkaan määritetty. Kuvassa 2 näkyy, mitä mittoja sormijatkoksesta tulee määrittää.



Kuva 2. Sormen muoto. [2]

Hyväksytty sormimuoto saa muuttua korkeintaan seuraavasti:

Sormen pohjan leveys niin paljon, että heikennysaste muuttuu 10 %.

Sormen pituus niin paljon, että suhteellinen liimauspinta-ala muuttuu 5 %.

Heikennysaste $b/t \leq 0,18$. Suhteellinen liitosvara $e \approx 0,03$. Jyrsinterien on oltava terävät ja vasteen sellaiset, ettei tapahdu repimistä. Sormien on sovittava hyvin yhteen ilman, että sormet pohjaavat. Poikkileikkauksen sormet on kohdistettava siten, että yhteen liityttäessä puutavara ei jää hammastamaan reunoista.

Liimaus

Liimauksen on tapahduttava välittömästi jyrsinnän jälkeen huomioiden koneen käyttöohjeet ja liiman valmistajan ohjeet. Jos annettuja ohjeaikoja ylitetään, on huolehdittava, etteivät kosteusmuutokset vaikuta liimapintaan tai sormimuotoon haitallisesti.

Puristus

Puristuspaineen on oltava sellainen, että saavutetaan sormien välille hyvä pito. Sormien pohjiin ei saa syntyä lujuutta heikentäviä halkeamia. Puristusaika riippuu mm. sahatavaran dimensiosta, puun tai jatkoksen lämmityksestä, liimasta ja käsittelystä liimauksen jälkeen. Päätäispuristuksena ohjearvoina voidaan käyttää taulukon 1 mukaisia suosituksia

Taulukko 1. Sormijatkoksen puristuspaineet. [2]

Sormen pituus (mm)	7,5	10	15	20	25	35	40
Puristuspaine (N/mm ²)	12,5	12	11	10	9	7	6

Kovettuminen

Sahatavaran käsittelyn puristuksen jälkeen on sovittava käytettyyn kovettumistapaan. Jatketua tavaraa on voitava katkoa, siirtää ja paketoida rasittamatta liitosta.

3 SORMIJATKOSLINJAN RAKENNE

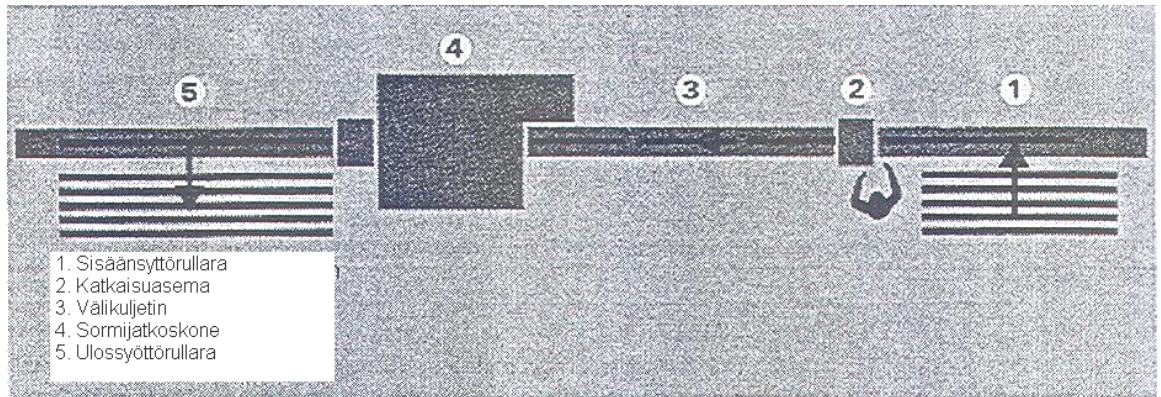
Työssä käsitellään sormijatkoslinjaa omana yksittäisenä tuotantolinjan osana. Teollisuudessa linja voi olla osana suurempaa tuotantojärjestelmää. Esim. sahoilla tavara ensin sahataan, kuivataan ja vasta tämän jälkeen tavara jatketaan pidemmäksi. Liimapalkkiteollisuudessa tavara taas ensin jatketaan, minkä jälkeen tavara siirtyy höylän kautta puristukseen. Kyseisissä linjoissa sormijatkoslinjan osuus on kuitenkin samanlainen. Koneen jälkeen tai ennen olevat laitteet vain muuttuvat.

Sormijatkoslinjat voidaan käyttötarkoituksen perusteella jakaa lyhyen tavarat jatkamiseen soveltuviin linjoihin ja pitkän tavarat jatkamiseen soveltuviin linjoihin. Jako lyhyen ja pitkän tavarat jatkamiseen soveltuviin linjoihin ei kuitenkaan ole kaikkien linjojen osalta selkeä. Selkeämpää on jakaa linjat ryhmiin sen mukaan, miten sahatavara syötetään työstöön linjaan. Näin linjat voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

1. pitkäsyöttöiset,
2. poikittaissyöttöiset ja
3. eräsyöttöiset.

3.1 Pitkäsyöttöiset

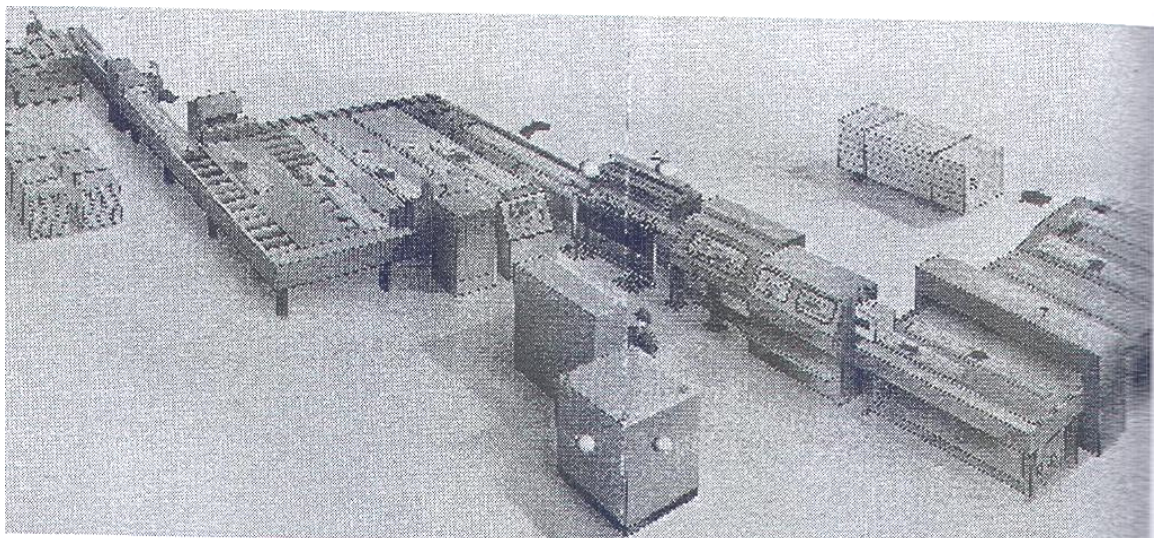
Pitkittäissyöttöisissä sormijatkoslinjoissa sahatavarakappaleet syötetään sormijatkoslinjalle pituussuunnassa ja yleensä yksitellen. On myös jatkoskoneita, joissa jatkoskoneeseen tulee kaksi sahatavarakappaletta rinnakkain omilla syöttöradoillaan. Kappaleiden työstöt tapahtuvat kappale kerrallaan. Samanaikaisesti työstetään sahatavaran molemmat jatkokseen tulevat päät. Lisäksi liimoitus ja puristus tapahtuvat samassa vaiheessa kuin päiden työstö. Valmistuva jatkuva puutavaraketju katkaistaan haluttuun pituuteen. Pitkittäissyöttöisissä sormijatkoslinjoissa jatkettavien kappaleiden vähimmäispituus tulee olla koneesta riippuen 0,25 – 0,55 m ja ensimmäisen kappaleen on oltava 1,5 – 2 m. Kuvassa kolme on pitkittäissyöttöisen sormijatkoslinjan perusrakenne kuvattu ylhäältä päin. Woodpoliksen linja on pitkittäissyöttöinen.



Kuva 3. Pitkittäissyöttöinen sormijatkoslinja.[3]

3.2 Poikittaissyöttöiset

Poikittaissyöttöisissä linjoissa, kuten kuvassa neljä, sahatavara syötetään työstöön poikittaiskuljettimella. Sormientyöstö ja liimoitus tapahtuu kappaleiden liikkuessa linjastolla eteenpäin. Syötettävien kappaleiden pituus on linjakohtainen. Jokaisella linjalla on omat rajoituksensa syötettävien kappaleiden pituuksille. Syöttöön soveltuvat kappaleet voivat olla pituudeltaan esimerkiksi 0,15 - 0,8 m tai esimerkiksi 0,5 – 6 m. Valmiiden kappaleiden lopullinen pituus on myös täysin linjakohtainen.



Kuva 4. Poikittaissyöttöinen sormijatkoslinja.[3]

3.3 Eräsyöttöiset

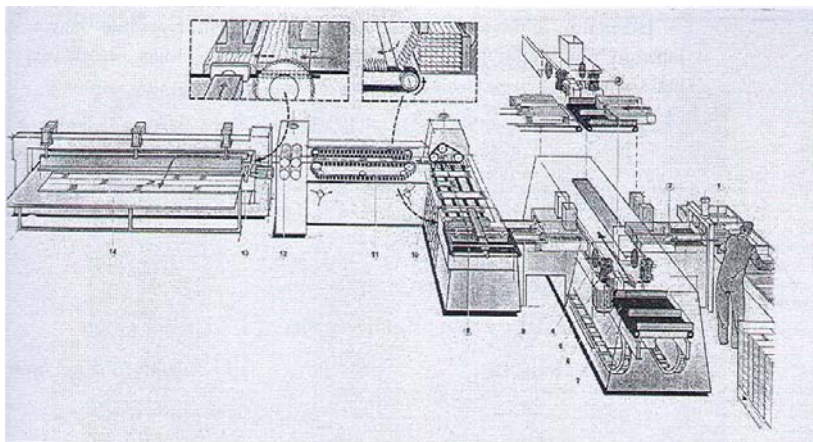
Eräsyöttöisissä sormijatkoslinjoissa sahatavara syötetään työstövaiheeseen usean kappaleen pakeettina yhden tai kahden paketin erissä. Työstöyksikköjä eräsyöttöisissä linjoissa voi olla yksi tai kaksi linjan kapasiteetista riippuen.

Pienitehoisissa eräsyöttöisissä linjoissa työstetään aluksi sahatavaran yksi tasattu pää, jonka jälkeen työpöytä, jolla kappaleet ovat, kääntyy 180 astetta ja kappaleiden toinen pää tasataan ja jyrsitään sekä liimoitetaan.

Suuritehoisissa eräsyöttöisissä linjoissa voi olla kaksi työstöyksikköä, jolloin paketeissa olevien kappaleiden alkupäät työstetään linjalla ensimmäisenä olevassa työstöyksikössä ja jälkimmäiset päät jälkimmäisessä työstöyksikössä. Samalla kun työstetään yhden paketin jälkimmäiset päät, työstetään toisen paketin etummainen pää. Liiman levitys kappaleiden päihin tapahtuu välittömästi työstön jälkeen, kun kappaleet ovat vielä paketissa.

Eräsyöttöisissä linjoissa jatkoskappaleiden työstön ja liimoituksen jälkeen kappaleet erotetaan erilleen toisistaan. Tämän jälkeen kappaleet esipuristetaan ja syntyvä jatkuva sahatavara katkaistaan haluttuun pituuteen. Katkaistu sahatavara menee lopulliseen puristukseen, joka tapahtuu kappaleiden päästä puristamalla. Linjan toiminnalliset osat voidaan nähdä kuvasta 5. Tämän jälkeen tavara joko pinotaan tai se jatkaa linjalla eteenpäin.

Eräsyöttöiset sormijatkoslinjat soveltuvat lyhyen tavaran jatkamiseen. Jatkettavat sahatavara-kappaleet voivat olla pituudeltaan yleensä enintään 0,8 - 1,2 m ja lyhimmillään 0,15 m. Saattava valmis pituus on yleensä 6 m.



Kuva 5. Eräsyöttöinen sormijatkoslinja. [3]

3.4 Pitkittäissyöttöisen sormijatkoslinjan perusrakenne

Woodpoliksen linja on pitkittäissyöttöinen, joten seuraavassa käydään tarkemmin läpi kyseisen linjan rakennetta. Logistista järjestelmää ennen ja jälkeen linjan ei tarkastella työssä. Linjan perusrakenne on seuraavanlainen:

3.4.1 Syöttölaitteisto

Sormijatkoslinjalle tuleva puutavara voi olla joko nipuissa tai yksittäisinä kappaleina. Puutavara liikutetaan useimmissa tapauksissa nipuissa. Esim. sahoillakin puutavara joudutaan niputtamaan kuivauksen ajaksi. Nipuista täytyy puutavara purkaa taas yksittäiseksi sahatavaraksi, ennen kuin se voidaan syöttää sormijatkoslinjalle. Itse syöttöjärjestelmänä toimii yleensä joko vetävä tai vapaatoiminen rullakuljetin. Nippujen purkuun on kehitelty erilaisia automaattilaitteita, jotka purkavat puutavaran yksittäisiksi kappaleiksi. Woodpoliksen linjastossa automatisointi on tulossa, mutta linjan tässä vaiheessa purku tapahtuu käsin.

3.4.2 Sahayksikkö

Seuraavana osana linjassa on sahayksikkö. Sahan tarkoituksena on siis katkaista puutavaran päät suoriksi. Lisäksi sillä voidaan poistaa puutavarasta virheitä, kuten oksia. Sahayksikkö voi olla joko automaattinen tai manuaalitoiminen.

Automaattinen saha tarkoittaa sitä, että saha automaattisesti katkaisee puutavaran. Katkaisukohdan määrittämiseen on olemassa kaksi tapaa. Molemmissa tavoissa on mukana konenäkö. Sahan eteen sijoitetaan kamera, joka kuvaa puutavaraa. Ensimmäisessä menetelmässä tarvitaan työntekijää. Työntekijä tarkastaa puutavaran ja merkitsee liidulla kohdan, josta puutavara tulee katkaista. Tämän jälkeen puutavara siirtyy automaattisesti eteenpäin ja saha katkaisee puutavaran aina liitumerkin kohdalta.

Toinen menetelmä on antaa puutavaran käsittely puhtaasti konenäön tehtäväksi. Kamera kuvaa koko ajan puutavaraa ja analysoi kuvasta ongelmakohdat. Tämän jälkeen saha katkaisee halutun osuuden pois puutavarasta. Tässä järjestelmässä ongelmaksi tulee se, että ko-

nenäkö ei ehkä osaa prosessoida kuvaa oikein. Etuna on, että tällainen järjestelmä ei vaadi työntekijää ollenkaan.

Manuaalisahassa työn tekee työntekijä. Työn tekijä tulkitsee katkaisukohdat ja katkaisee tavarana vaaditulta kohdalta. Saha on yleensä tehty hyvin helppokäyttöiseksi, esim. paineilmasylinterillä. Työntekijän tarvitsee vain painaa näppäintä, ja automatiikka hoitaa katkaisun.

3.4.3 Syöttölaitteisto sahan ja sormijatkoskoneen välissä

Sahan jälkeen tarvitaan jonkinlainen kuljetin, jossa puutavara kulkee sormijatkoskoneelle. Tässä kuljettimessa olisi hyvä olla jonkinlainen puskurivarasto. Puskurivaraston tarkoituksena on tehostaa sahayksikön työtä. Ilman puskurivarastoa joutuu saha odottamaan, että sormijatkoskone jyrssi, liimoittaa ja puristaa kappaleet, ja sen jälkeen voi vasta sahata seuraavan kappaleen. Tämä heikentää linjaston tehokkuutta. Syöttölaite voi olla esim. kaksi rullarataa, joiden välillä on jonkinlainen sivusiirto. Tällä sivusiirtoalueella puutavaraa voi olla varastossa valmiina sormijatkoskoneelle syöttöä varten.

3.4.4 Sormijatkoskone

Sormijatkoskone on linjan pääosa. Se suorittaa itse sormijatkamisen. Sormijatkoskone tekee pitkittäissyöttöisessä linjassa seuraavat työvaiheet, kun työkierto alkaa:

1. Syöttää puutavaran koneen läpi.
2. Jyrsinkelkka ajaa puutavaran syöttölinjan eteen (yleensä joko eteen tai alas).
3. Poistopuolella oleva puutavara asettuu jyrsinkelkkaa vasten.
4. Syöttöpuolelta tulee uusi puutavara, joka myös asettuu kelkkaa vasten.
5. Puutavara lukitaan paikoilleen.
6. Jyrsinkelkka liikkuu puiden päiden välistä ja jyrssi sormet niiden päähän. Samalla kelkassa olevat liimoittimet levittävät liiman sormiin.

7. Kone puristaa puutavaran päät vastakkain.
8. Valmis jatkettu puutavara liikkuu koneesta eteenpäin, ja kun toivottu mitta saavutetaan, kone katkaisee puutavaran haluttuun pituuteen.

Työkierto alkaa alusta, lukuun ottamatta kohtaa 1. Puutavaran syöttö koneen läpi jää pois, koska koneessa on jo valmiina puuta koneen poistopuolella.

3.4.5 Purkupuolen kuljetin

Sormijatkoskoneen jälkeen pitää olla riittävän pitkä kuljetin, mille pitkä, jopa 20-metrinen puutavara tulee itse sormijatkoskoneesta. Tällainen voi olla esim. rullakuljetin. Rullakuljettimesta tavara pitää sitten saada jonkinlaiseen varastoon kuivamaan.

Woodpoliksen järjestelmä on juuri edellä kuvatun kaltainen.

4 WOODPOLIKSEN SORMIJATKOSLINJAN RAKENNE

Lopputyön teon alussa oli tehty päätös vasta itse sormijatkoskoneen hankinnasta. Muut linjan osiot sekä oheislaitteet oli vielä päättämättä. Näistä lähtökohdista alkoi linjan koostaminen yhteistyössä Woodpoliksen henkilöstön kanssa.

4.1 Syöttölaitteisto

Syöttölaitteistona toimii 6 m pitkä vapaatoiminen rullarata. Tälle rullaradalle lastaus toimii manuaalisesti käsivoimin. Rullaradalla puutavara tarkistetaan. Rullaradan päällä puutavaraa on helppo liikutella ja sen visuaalinen tarkistaminen on helppoa. Tämän jälkeen puutavara voidaan syöttää sahalle. Sahauksen aikana puutavara lepää rullaradan päällä. Rullaradassa on vaste, jota vasten puutavara työnnetään. Tämän vasteen tehtävä on varmistaa, että puutavaran päästä tulee suora.

4.2 Katkaisusaha Bottene

Sahayksikkönä Woodpoliksen linjassa toimii paineilmatoiminen alapuolinen katkaisusaha Bottene(kuva 6).



Kuva 6. Alapuolinen katkaisusaha Bottene.

Saha katkaisee max. 225 x 130 mm poikkipinta-alaisen kappaleen. Puutavara syötetään käsin sopivalle kohden. Tämän jälkeen kahta painonäppäintä painamalla saadaan saha lukitsemaan puutavara paikoilleen yläpuolisella lukituspalkilla. Sitten terä nousee ja katkaisee puutavaran halutulta kohtaa. Lukituspalkki toimii samalla teräsuojana. Tämän jälkeen jos sahattu kappale on alle 50 cm pitkä, putoaa se hylkytavaralaitikkoon. Muussa tapauksessa jää katkaistu kappale lepäämään sahan jälkeen olevalle rullaradalle.

4.3 Syöttölaitteisto sahan ja sormijatkoskoneen välissä

Sahan jälkeisessä rullaradassa on kaksi 6 metriä pitkää rullarataa sekä sivusiirtoaisa. Kun näppäimiä sahalla painetaan, alkaa ensimmäinen rullarata pyöriä ja kuljettaa katkaistua puutavaraa eteenpäin. Kappaleen saavuttua rullaradan päähän siirtää sivusiirtoaisa puutavaran toiselle rullaradalle, kun se on tyhjä. Toinen rullarata siirtää kappaleen sormijatkoskoneen sisään. Kaksi rullarataa antavat koneen eteen pienen puskurivaraston, mikä tehostaa työskentelyä sahalla. Rullaradan jälkeen on vuorossa itse sormijatkoskone.

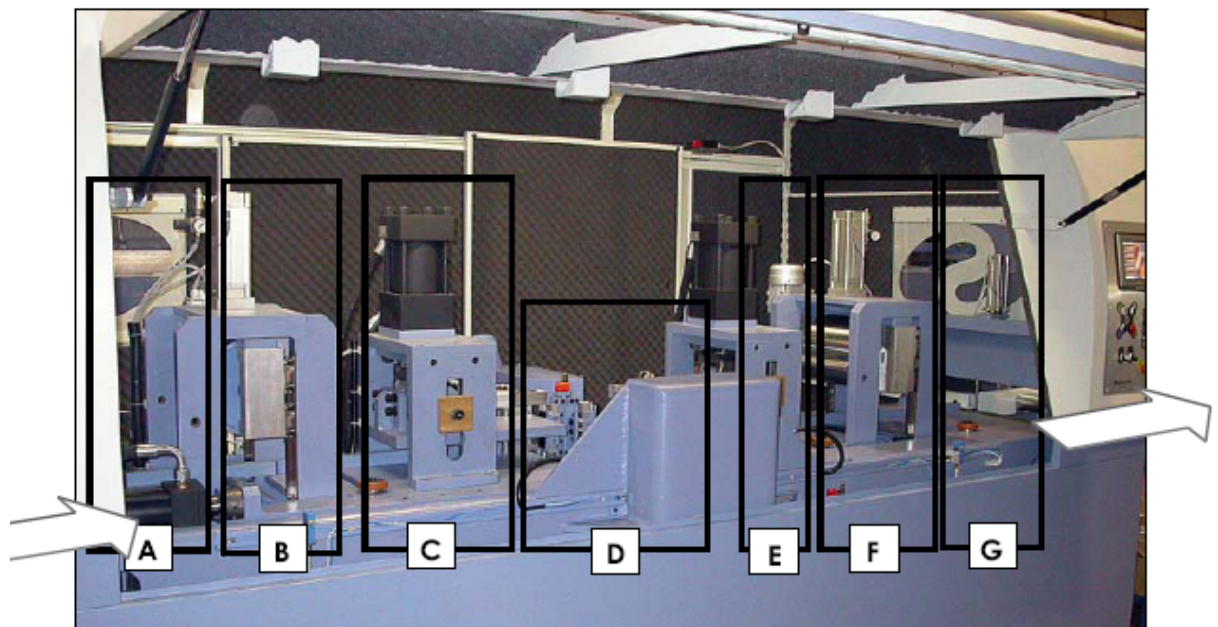
4.4 Sormijatkoskone Spanevello LGC 300 Basic Flat

Spanevello LGC 300 Basic Flat – sormijatkoskone on tarkoitettu lamellihirsien valmistukseen. Kone liittää sormiliitoksella poikkileikkaukseltaan yhtä suuria lamellihirsiiä alkupituuden vaihdellessa mielivaltaisesti ja valmistaa loppupituuden ennalta määrättyyn mittaan.

Kone suorittaa automaattisesti liitoksen seuraavalla tavalla:

- sormimuodon jyrsintä samanaikaisesti kahdella terällä tulopään työkappaleen etupäätyyn sekä ulostulopään loppupäätyyn,
- liiman levitys sormien väliin tarkoitukseen sopivalla levittimellä (kampa),
- työkappaleiden yhdistäminen ja puristus yhdeksi hirreksi (päättymätön pituus) ja
- hirren poikkikatkaistu, kun se on saavuttanut ennalta määritellyn pituuden.

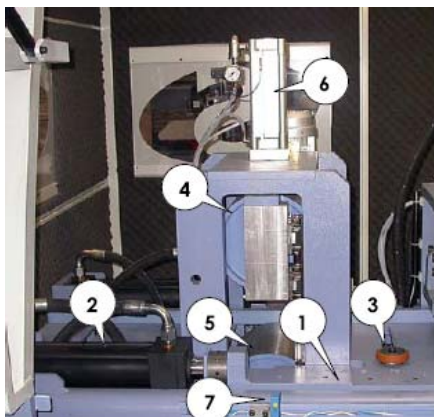
Kaikki nämä toiminnot suoritetaan yhden koneen sisällä ilman ulkopuolisten välineiden apua. Kuvassa 7 on kyseisen koneen toiminnalliset osat selitetty tarkemmin.



Kuva 7. Spanevello LGC 300 Basic Flat – sormijatkoskone.[4]

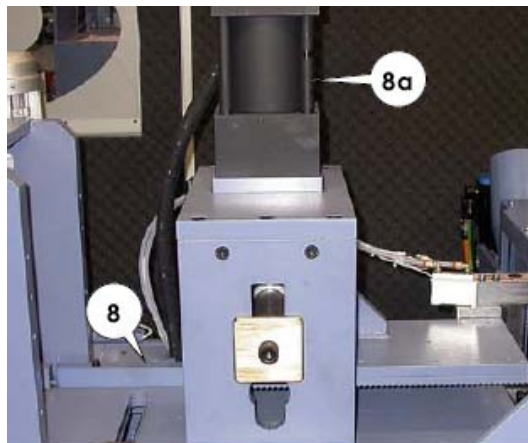
- A) Hydraulisyliinterit työkappaleiden puristamiseksi pituussuunnassa; toiminta tapahtuu liikkuvan pöydän avulla, missä ovat asemat B ja C.
- B) Vetävä telapari työkappaleen syöttämiseksi eteenpäin; alapuolinen tela on kiinteä, yläpuolinen paineilmalla liikkuva.
- C) Työkappaleen kiinnitysasema; asema koostuu hydraulisesta pystysyliinteristä ja poikittaisesta paineilmasyliinteristä.
- D) Jyrsintäasema, joka liikkuu poikkisuunnassa, asema on varustettu kahdella jyrsimellä, joista ensimmäinen on työkappaleen etupäätä ja toinen on toisen työkappaleen loppupäätä varten. Asema on lisäksi varustettu kahdella liimakammalla, jotka levittävät liiman sormien väliin.
- E) Työkappaleen kiinnitysasema; asema koostuu hydraulisesta pystysyliinteristä ja poikittaisesta paineilmasyliinteristä.
- F) Vetävä telapari työkappaleen syöttämiseksi eteenpäin. Alapuolinen tela on kiinteä, yläpuolinen paineilmalla liikkuva.
- G) Pikakatkaisusaha, jonka liike on ylös-alas ja joka katkaisee lamellihirren haluttuun pituuteen.

Kuvien 8 – 15 avulla selviää koneen toiminnalliset osat tarkemmin



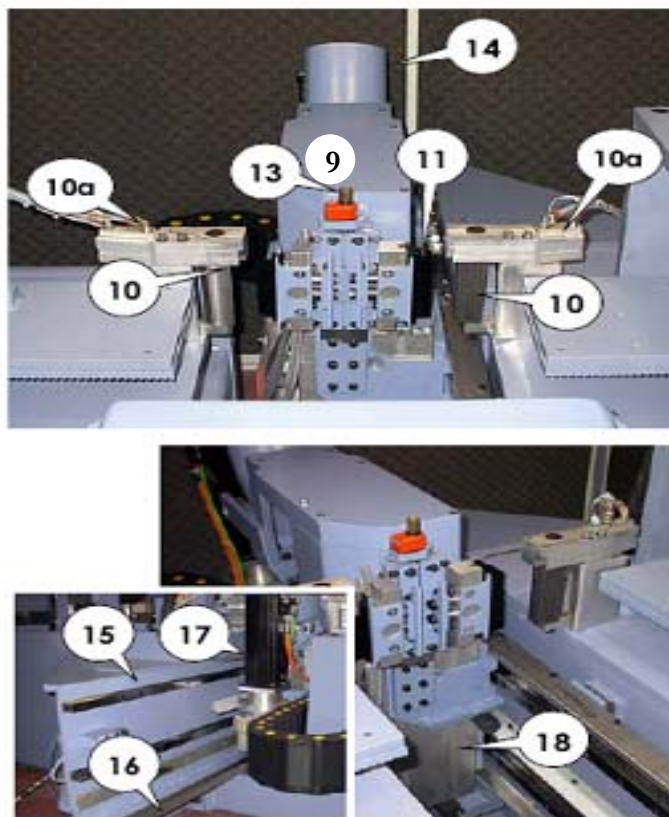
Kuva 8. Asemat A-B. [4]

- 1) Liikkuva pöytä, jonka liike tapahtuu hydraulisyntereillä (2).
- 2) Hydraulisynteripari liikkuvan pöydän liikettä varten.
- 3) Poikittainen painin.
- 4) Yläpuolinen vetävä tela (sähkötoiminen, jonka säätö invertterillä).
- 5) Alapuolinen vapaatela, sijainti yläpuolisen telan alapuolella.
- 6) Paineilmasynteri ylätelan korkeussäätöä varten.
- 7) Valokennot ohjausta varten.



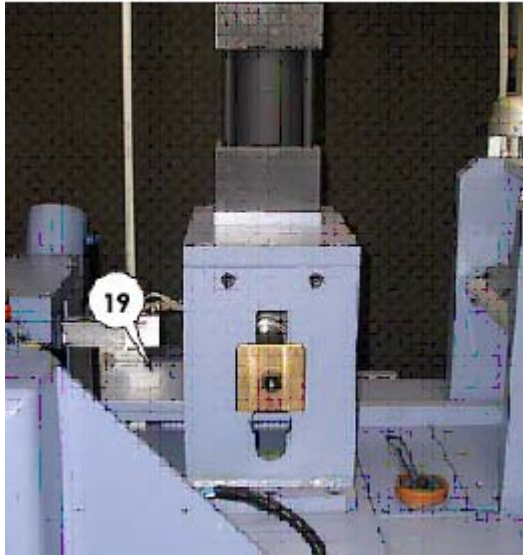
Kuva 9. Asema C. [4]

- 8) Yläpuolinen työkappaleen kiinnitin, toiminta hydraulisynterillä (8a)



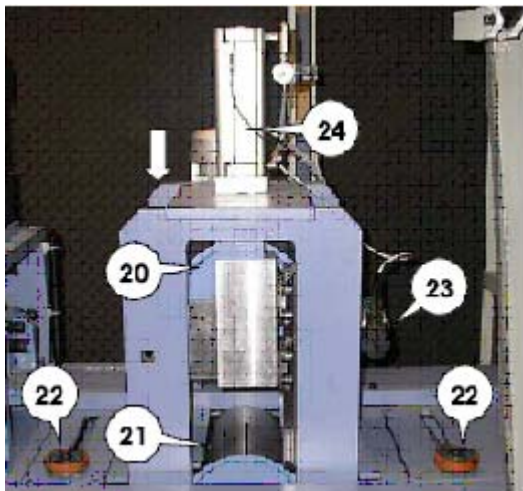
Kuva 10. Asema D. [4]

- 9) Jyrsinyksikkö, jossa on kaksi jyrsintä, ensimmäinen on työkappaleen alkupäätä varten ja toinen loppupäätä varten. Kummallakin karalla on moottori, jonka voiman välitys on suora, nopeuden säätö yhteisellä invertterillä. Liike poikkisuunnassa tapahtuu harjattomalla moottorilla.
- 10) Paineilmalla toimivat repimisenestolaitteet, jotka on asennettu koneen kiinteään puoleen. Vastaavat paineilmasylinterit (10a) toimivat työkappaleen tukena jyrsinnän aikana.
- 11) Liimanlevityskammat.
- 12) Repimisenestolaitteet loppupään jyrsimistä varten varustettuna paineilmatoimisella nostolla (14a)
- 13) Laite, jonka avulla kampoja voidaan säätää korkeussuunnassa.
- 14) Purunpoistolähtö.
- 15) Prismajohteet kelkkaa varten, jolla on jyrsinyksikkö. Liikerata kuulajohteiden avulla.
- 16) Hammastanko kelkan liikerataa varten.
- 17) Harjaton moottori.
- 18) Toisen karan moottori



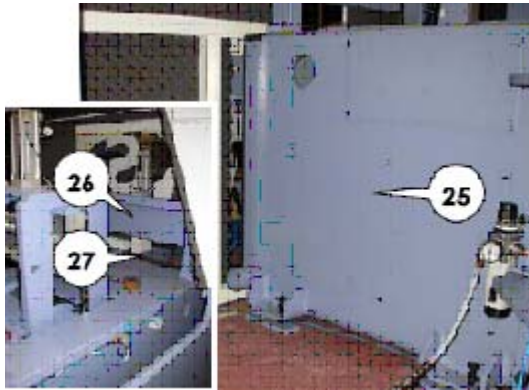
Kuva 11. Työkappaleen pystykiinnitin.[4]

- 19) Pystykiinnitin työkappaletta varten (kuten syöttöpuolella).



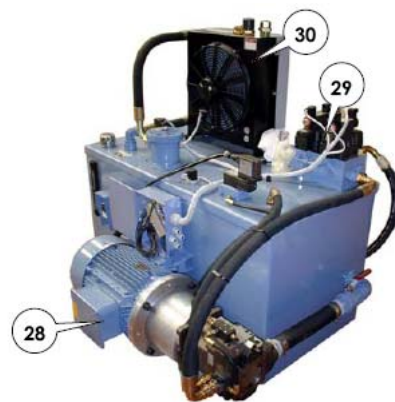
Kuva 12. Asema F. [4]

- 20) Yläpuolinen vetävä tela. (Veto sähköllä ja nopeuden säätö invertterillä kuten syöttöpuolella.)
- 21) Alapuolinen vapaatela, jonka sijainti on yläpuolisen telan kohdalla.
- 22) Poikittaiset paineilmakiinnittimet.
- 23) Impulssianturi, joka mittaa lamellihirren pituuden.
- 24) Paineilmasyylinteri yläpuolisen telan pystysäätöä varten.



Kuva 13. Asema G. [4]

- 25) Katkaisusahan sisältävä tila.
- 26) Paineilmatoiminen pystykiinnitin ja teräsuoja.
- 27) Katkaisusahan katkaisulinja. Terän liike alhaalta ylös. Täydellinen suojus sisältäen purunpoistolähdön.



Kuva 14. Hydraulikoneikko. [4]

- 28) Moottori ja pumppu
- 29) Venttiilistö
- 30) Lämmön poisto



Kuva 15. Sormijatkoskoneen luukku sekä ohjaintietokone. [4]

- 31) Koko koneen peittävä kuomu ja sisäpuolinen äänen vaimennus.
- 32) Ohjaintietokone, jonka ruutu on LCD-värikosketusnäyttö.

4.5 Purkulajetin ja sivusiirtoaisa

Koneen jälkeen linjastossa on 12-metrinen vetävä rullarata. Rata toimii kahteen suuntaan. Se auttaa konetta, kun puutavaraa asettuu jyrsinkelkkaa vasten sekä sille valmis jatkettu kappale siirtyy koneen jälkeen. Sormijatkoskoneen katkaistua valmiin jatkettun puutavaran poikki, kuljettaa rullakuljetin kappaletta hieman eteenpäin. Tämän jälkeen ulostyöntöaisa työntää puun pois radalta ulostyöntövarsien päälle. Varret ovat metrin pitkät ja ne toimivat puskurivarastona niputettaessa valmista jatkettua tavaraa nipuiksi.

5 LINJAN LAYOUT-SUUNNITTELU

Tuotantolinjaa hankittaessa oli päätetty jo linjan sijoituspaikka, mutta sen tarkemmin tilan soveltuvuutta linjalle sekä sen tuotannollista puolta ei oltu suunniteltu. Linja tultaisiin sijoittamaan Kuhmoon, Kantolan teollisuus alueella sijaitsevaan teollisuushalliin. Halli näkyy kuvassa 16 ja hallin pohjakuva löytyy liitteestä 1.



Kuva 16. Takoja-halli.

Tila oli suunniteltu teollisuuskäyttöön, mutta ei tarkalleen puuteollisuudelle. Linjan myyjän toimesta oli tehty alustava layout, jonka pohjalta tarjous linjasta oli tehty. Tätä layoutia tehtäessä ei ollut tilasta mitään tietoa. Työssä tehtiin alustavat linjan layout-kuvat, jotka Woodpoliksen toimesta hyväksyttiin ja linjaa lähdettiin toteuttamaan niiden pohjalta.

Heti työn alussa tuli selväksi, että tila ei ole linjalle paras mahdollinen tilan mataluudesta sekä siinä olevien kantavien rakennuspalkkien sijainnin vuoksi. Myös sormijatkoslinjan toimittajan layout pohja jouduttiin hylkäämään, koska konetta ei voitaisi sijoittaa tilaan sen vaatimalla tavalla.

Sormijatkoslinjastoa suunniteltaessa tarvitsee ottaa huomioon kaksi seikkaa.

1. Puutavaran tasaantuminen

Sormijatkettavalla puutavaralle asetetaan useita vaatimuksia joista on kerrottu tarkemmin luvussa 1. Puutavaran pitää olla sopivassa lämpötilassa ja kosteudessa jatkamista varten. Tämän takia puutavara pitää saada ainakin vuorokautta aikaisemmin sormijatkostilaan tai vas-

taaviin olosuhteisiin. Ulkotilassa puutavaran tasaantuminen on sääolojen takia mahdotonta. Tästä syystä layout-suunnitelmissa pitää varata riittävästi tilaa puutavaran tasaantumiseksi.

2. Liiman kuivaminen

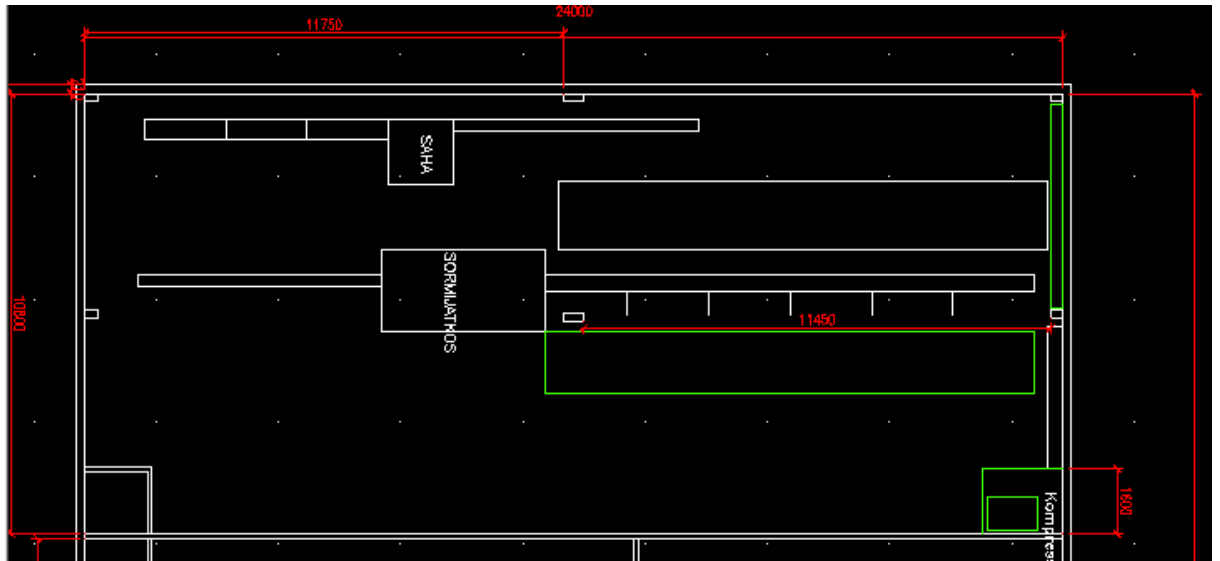
Liiman tulee kuivaa jatkutussa kappaleessa sopivissa olosuhteissa. Liiman kuivamisaika riippuu liimatyyppistä. Woodpolikseen tullut järjestelmä toimii PVAc-liimalla, mutta suunnittelussa tuli ottaa myös huomioon linjan muutos PU-liimalle. Layoutia tehdessä tuli siis varata tila myös kuivaville nipulle.

Näistä lähtökohdista layout-suunnitelman muodostaminen piti alkaa. Ensin tilasta piti tehdä tietokoneella piirustukset, jotka helpottaisivat suunnittelua. Piirustusten pohjana käytettiin alkuperäisiä rakennuspiirustuksia. Kyseiset piirustukset olivat olemassa vain paperilla, ja tilaa oli hieman muutettu niiden jälkeen, mutta ne antoivat hyvät tiedot tilan ulkomitoista.

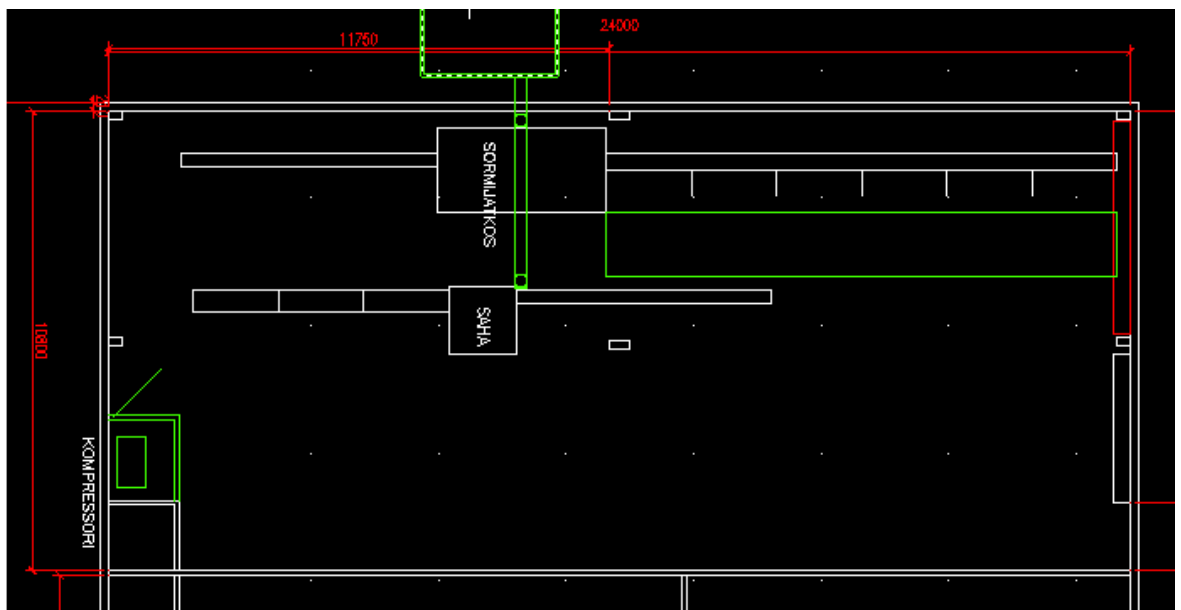
Tilan mallintamisen jälkeen tarvittiin koneiden ja kuljettimien ulkomitat, jotka saatiin kone-toimittajalta. Kuljettimien mitat pystyttiin tilattaessa määrittämään, mutta niiden tuli soveltua jatkettavien puutavaradimensioiden liikutteluun.

Seuraavaksi tuli määrittää niin jatkettavan kuin jatkutun puutavaran vaatima tilantarve. Tämä jouduttiin laskemaan. Tehtaan tuotanto tuli laskennallisesti mitoittaa yhteen työvuoroon (7 h). Hallissa tuli siis mahtua olemaan yhden työvuoron tarvitseman jatkettavan puutavaran varasto sekä jatkutun puutavaran liiman kuivamisajan verran varastointitilaa. Sormijatkoskoneen maksimidimensio on 125 x 225 mm. Yleensä tällainen jatkettava puutavara on pituudeltaan 3 – 5 metriä ja se toimitetaan 1250 x 1350 mm kokoisessa nipussa. Puutavaraa joudutaan kuitenkin katkomaan laadullisten tekijöiden takia, joten tavaran lähtöpituus on 1,5 – 2,5 metriä. Sormijatkoskone tekee kyseisellä puutavaralla noin 3 liitosta minuutissa, ja sen käyttöasteeksi työvuorossa päätettiin 70 %. Tämä syystä, että kaikki liitokset eivät välttämättä ole onnistuneita sekä logistisista viiveistä puutavaran käsittelyssä. Näillä arvoilla laskemalla saadaan lähtöarvoksi. 7 nippua jatkettavaa puutavaraa.

Jatkutun puutavaran pituus päätettiin laskennallisesti olevan 8 metriä. PVAc-liiman vaatima kuivamisaika ”huoneenlämmössä” on 2 tuntia. Tällöin kuivamaan tulisi mahtua vajaa 2 nippua. Näiden tietojen pohjalta tehtiin kuvien 17 ja 18 mukaiset kaksi alustavaa layoutia.



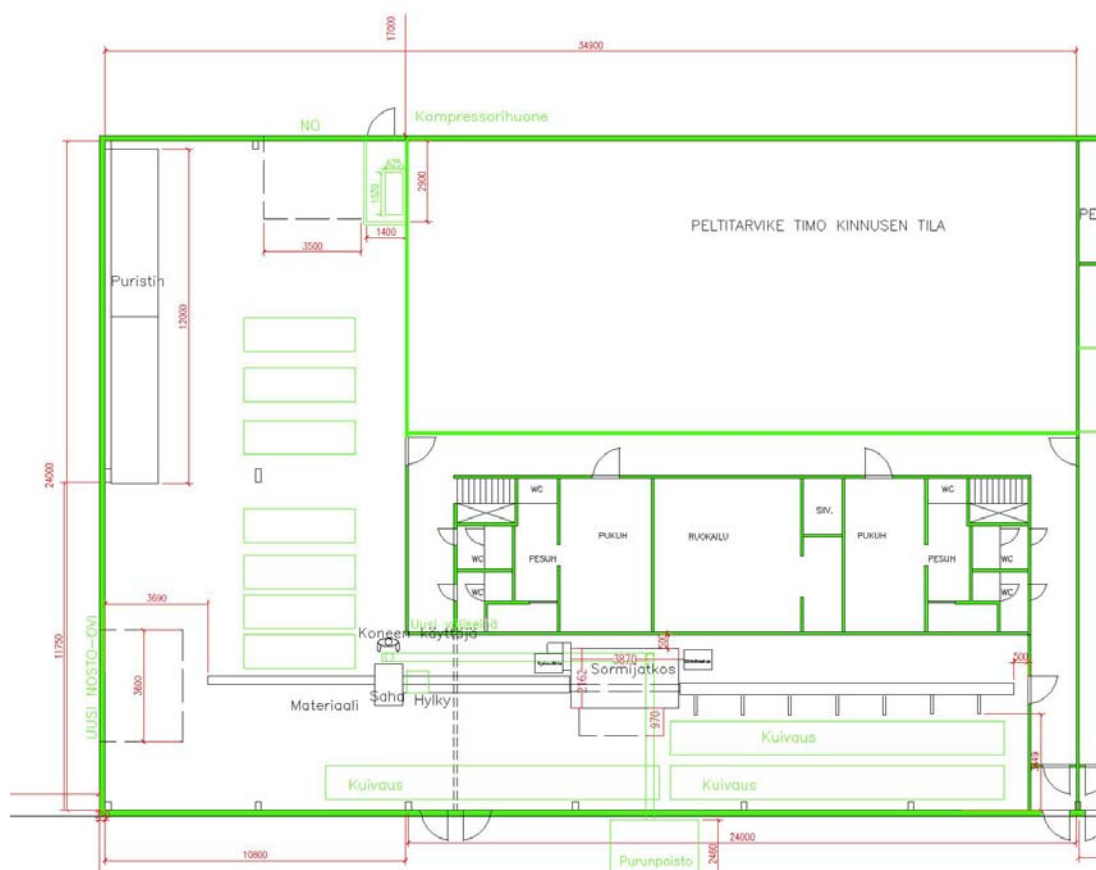
Kuva 17. Sormijatkoslinjan layout 1.



Kuva 18. Sormijatkoslinjan layout 2.

Layout 1:n ongelma on, että sisään tulevalle puutavaralle ei ole varastointitilaa. Toinen ongelma on sahan ja sormijatkoskoneen välisiirto. Layout 2:n ongelma on valmiin jatkettun puutavaran varastointi. Lisäksi tulee sama ongelma kuin layout 1:ssä eli sahan ja sormijatkoskoneen välinen siirto.

Layoutien perusteella tuli selväksi, että kyseiseen hallitilaan ei konetta saatu sijoitettua tuotannollisesti järkevästi. Tila oli tarpeeseen nähden aivan liian pieni, ja koneen logistiikka tulisi olemaan todella hankala järjestää. Tästä syystä tehtiin myös kuvan 19 mukainen ylimääräinen layout, jossa kyseisen teollisuushallin toinen hallitila olisi otettu koneen käyttöön.



Kuva 19. Sormijatkoslinjan ylimääräinen layout 3, jossa kaksi hallitilaa yhdistetty yhdeksi hallitilaksi.

Tässä layoutissa koneen tehokas käyttö on mahdollista eikä logistisia ongelmia ilmene. Puutavaran siirto hallissa tapahtuu siihen suunnitelluilla puutavaravaunuilla. Ongelmaksi tulevat hallitilaan tehtävät suuret muutokset. Jotta kaksi hallitilaa voitaisiin yhdistää, tulee välistä purkaa kaksi seinää, pattereita, sähkö- ja vesilinjoja sekä ilmastointikanavia.

Tehtyjen kolmen layoutin perusteella päädyttiin siihen ratkaisuun, että koneen tehokkaan toiminnan kannalta layout 3 olisi järkevin. Hallitilaa ruvettiin muuttamaan layoutin mukaiseksi, ja konetoimittaja alkoi koota linjaa saman layoutin perusteella.

6 SORMIJATKOSLINJAN OHEISLAITTEET SEKÄ PUTKILINJOJEN VETO

6.1 Paineilma

Sormijatkoslinja vaatii toimiakseen myös sähköä ja paineilmaa. Koneelle täytyy myös järjestää purunpoisto, että syntyvä puupuru voidaan johtaa ulos koneesta. Nämä perustarpeet pitää järjestää uuteen hallitilaan.

Paineilman tuottamiseen tarvitaan siihen soveltuva laitteisto sekä linja, joka kuljettaa paineilman toimipaikalle. Paineilman tuottamiseen käytetään yleensä kompressoria. Kompressoria valitessa täytyi ensin selvittää, mitä vaatimuksia laitteisto asettaa. Sormijatkoslinjassa on kaksi paineilmaläitintä, toinen itse sormijatkoskoneessa ja toinen sahassa. Sormijatkoskoneen paineilman paine tulee olla 6 – 7 baria ja koneen kulutus 550 litraa minuutissa. Tähän kulutukseen on laskettu mukaan rullakuljettimet sekä muut toimilaitteet. Sahan paineilman paine tulee olla yli 6 bar ja kulutus 20 litraa sahausta kohti. Sahalla tehdään yksi sahaus 10 sekuntia kohden. Sahan kulutus on siis noin 120 litraa minuutissa. Näistä lähtöarvoista saadaan paineilman kulutukseksi noin 670 litraa. Näistä lähtöarvoista valittiin hankittavaksi Atlas Copcon Gx 7 kompressori joka on kuvassa 20.



Työpaine	10 bar
Kapasiteetti	966 l/min
Moottorin teho	7,5 kW

Kuva 20. Atlas Copco GX 7-kompressori. [5]

Kompressorin tuotto riitti vastaamaan tarpeita, ja sen tuottama 10 bar työpaine oli enemmän kuin riittävä. Paine voitiin alentaa sopivaksi sahalle sekä itse sormijatkoskoneelle paineen alennusventtiileillä, jotka oli sijoitettu kyseisiä toimilaitteita ennen. Hieman korkeampi

paine tehostaa myös virtausta paineilmaputkistossa ja mahdollistaa näin pienemmän putkilinjan. Kompressorit tuottaa käydessään paljon lämpöä sekä melua. Tästä syystä sille täytyi rakentaa oma tila, ns. kompressorihuone. Tähän tilaan tuli järjestää tehokas ilmanvaihto estämään kompressoria kuumenemasta liikaa. Tämä kompressorihuoneen vaatima tila tuli ottaa huomioon layoutien teossa. Putkilinjat suunniteltiin yhteistyössä putket asentavan putkiliikkeen kanssa. Layoutiin tehtiin kuvat halutuista putkilinjoista sekä tarvittavat putkilinjan koot. Näiden kuvien perusteella putkiliike tilasi osat sekä suunnitteli, kuinka putket kiinnitetään hallitilaan. Putkilinjoissa tuli ottaa huomioon myös valmius muuttaa ja jatkaa putkilinjaa hahmottaessa.

6.2 Purunpoisto

Purunpoisto oli toinen perustarve, joka oli koneelle järjestettävä. Jyrsinyksikössä sekä kahdessa sahassa syntyy työskenneltäessä puupurua, joka on johdettava pois koneilta. Jyrsimestä sekä sahalta tuleva puru on melko pienijakoista, jolloin se menee kohtuullisen pieneen tilaan. Purunpoistoa suunniteltaessa oli otettava huomioon niin käytännöllisyys, hinta kuin myös työturvallisuus. Harkinnassa oli kaksi erilaista vaihtoehtoa, joilla purunpoiston voitiin järjestää.

Ensimmäinen oli ns. pussi-imuri (kuvassa 21). Pussi-imurissa sekä moottori että suodattimet ovat samassa, liikuteltavassa yksikössä. Imuri on helppo sijoittaa koneen viereen ja yhdistää sormijatkoskoneeseen ns. haitariputkella. Tällöin vältetään putkilinjojen vedolta. Pussi-imurissa puru kertyy pussiin imurin alle. Järjestelmä on hinnaltaan halvin, mutta sen ongelmia ovat pieni imuteho sekä purupussin todella pieni koko. Lisäksi se vie tilaa sisältä, on äänekäs sekä sen suodatinteho ei ole välttämättä riittävä pitämään kaikkea pölyä sisällään. Tämä pöly on hengitykselle haitallista, ja se voi olla myös paloturvallisuusriski.



Kuva 21. Pussi-imuri. [6]

Toinen vaihtoehto on ns. kontti-imuri (kuvassa 22). Kontti-imurissa sekä keskipakoispuhalin että purusäiliö sijoitetaan ulkotilaan, jolloin sekä melu- että tilaongelmaa ei tule. Kontti-imurissa on myös runsaasti tilaa purulle, ja se on helppo tyhjentää, koska säiliönä toimii kuorma-auton lavalle sopiva kontti. Kontti-imurin etuihin kuuluu myös suurempi suodatinpinta-ala. Haittana ovat pussi-imuria kalliimpi hinta sekä se, että halliin joudutaan vetämään teräksiset purunpoistolinjat.



Kuva 22. Kontti-imuri.

Näistä lähtökohdista päädyttiin hankkimaan kontti-imuri. Kontti-imuria varten joudutaan valamaan ulkotilaan betonilaatta.

6.3 Sähkö

Konetta hankkiessa selvitettiin tiedot koneen sähkötehon tarpeesta. Itse sormijatkoskoneen moottoriteho on 66 kW sisältäen myös kuljettimien moottorit. Koneen toimittaja ilmoitti koneen päävirtasulakkeiksi 3x120 A, joka aluksi tuntui liian suurelta. Sulakkeiden suurta kokoa ihmeteltiin, mutta konetoimittaja vaati, että sulakkeiden on oltava näin suuret. Näiden uusien tietojen perusteella alettiin laskea päävirtasulakkeita. Verkkoon tullaan siis liittämään seuraavat koneet:

1. Sormijatkoslinja 120 A
2. Katkaisusaha 20 A
3. Kompressori 20 A
4. Purunpoisto 16 A
5. Hallin valot ja muut laitteet noin 16 A

Yhteensä tarvittava sulaketeho on 192 ampeeria.

Koneen tuloon oli varauduttu 160 ampeerin pääsulakkeilla, mutta uusien tietojen pohjalta jouduttiin hankkimaan 200 ampeerin pääsulakkeet. Tämä onneksi onnistui, koska sähkökaapissa oli varattu tarpeeksi kapasiteettia.

7 LINJAN KÄYNTIINAJO

Linjan asennuksen Woodpoliksella suorittivat konetoimittaja Spanevellon asentajat. Koneen asennuksen jälkeen oli vuorossa linjan käyntiinajo sekä käyttöönottotarkastus. Tämä suoritettiin yhteistyössä Spanevellon asentajien kanssa. Käyntiinajoon kuuluivat seuraavat vaiheet:

1. tietokoneen käynnistys sekä sähköisten yhteyksien testaus,
2. moottoreiden testiajot,
3. hydraulipumpun paineistus ja testiajo,
4. paineilmalaitteiden testiajot ja säätö,
5. antureiden testaus ja säätäminen ja
6. liimapumpun asennus ja paineistus.

Tietokone oli kytketty jo valmiiksi kiinni sormijatkoskoneeseen. Sormijatkoskoneen ohjauskomponentit (logiikat, releet, taajuusmuuttajat jne.) olivat kuitenkin erillisen sähkökaapin sisällä, ja ne tuli yhdistää sormijatkoskoneeseen. Konetoimittajalla oli tätä varten valmiit liittimet sekä kuvat, kuinka johdotus tehdään. Johdotuksen jälkeen kytkettiin päävirta sähkökaappiin ja tietokone alkoi itsenäisesti testata yhteyksiään eri ohjainlaitteisiin sekä käynnistää sormijatkoskoneen ohjausohjelmaa. Ohjausohjelman käynnistyttyä normaalisti oli vuorossa yhteyksien testaus kaikkiin laitteisiin. Yhteystestiä ei konetoimittaja halunnut esitellä ulkopuolisille vedoten yrityssalaisuuteen. Yhteystestin onnistuneen testauksen jälkeen pystyttiin siirtymään seuraavaksi testaamaan itse moottorit.

Moottoreiden testaus suoritettiin sormijatkoskoneen tietokoneen avulla. Ohjaustietokoneella ajettiin moottoreita, ja samalla tarkkailtiin, että saadaan halutunlaisia nopeuksia ja oikea pyörimissuunta. Kun oli todettu, että moottorit toimivat kuten pitää, oli vuorossa hydraulikan testaus.

Koneen asennusvaiheessa oli pumpattu uudet hydraulioöljyt hydraulipumpun säiliöön. Nyt pystyttiin pumpaamaan öljy koneen toimilaitteisiin. Tämä tapahtui laittamalla hydraulipumppu pyörimään ja liikuttelemalla koneen toimilaitteita. Hydraulioöllyn levittyä tasaisesti kaikkiin sylintereihin oli aika testata toimilaitteet. Tämä suoritettiin laittamalla puutavaraa

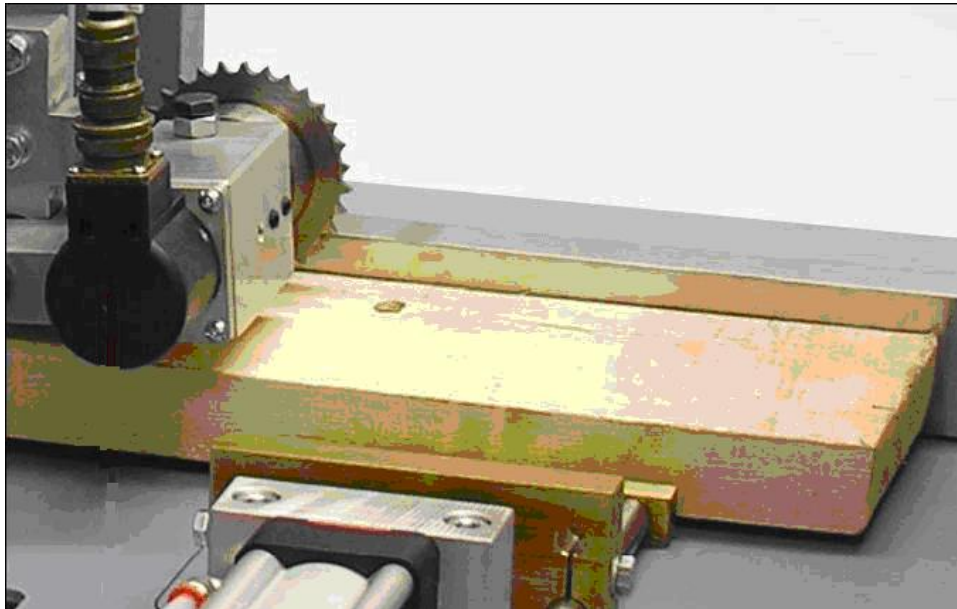
koneessa olevien neljän sylinterin väliin ja puristamalla kappaleita eri paineilla vastakkain. Puristuspaineen säätö on sormijatkoskoneessa helppoa. Sen voi suorittaa sormijatkoskoneen ohjaustietokoneelta syöttämällä haluttu arvo kosketusnäytöltä.

Paineilmatoimilaitteita on koneessa runsaasti. Yli puolet koneen toimilaitteista käytti suoraa verkostopainetta, jota pystyttiin säätämään pienissä määrin koneen takana olevasta paineen-säätöventtiilistä. Tämän venttiilin läpi tuli kaikki itse sormijatkoskoneen sekä kuljettimien paineilma. Koneen paineilman paine säädettiin 6 bariin, koska tämä oli koneen toimittajan suositus. Tällä paineella testattiin koneen kaikki toimilaitteet. Toimilaitteiden testaus tapahtui taas sormijatkoskoneen ohjaustietokoneen kautta. Tämän jälkeen täytyi säätää paineilmalaitteet, joissa oli oma paineen säätö. Ensin säädettiin yläpuolisten telojen paine. Telojen tehtävänä on liikuttaa puuta eteen ja taakse. Yläpuolisten telojen paineeksi säädettiin noin 3,5 baria. Paine säädettiin siten, että telan alle laitettiin puutavaraa, jonka jälkeen tela laskettiin alas. Puuta vedettiin koneen ulkopuolelta, ja kun puu ei enää liukunut telan alta eikä tela myöskään litistänyt puuta, oli paine sopiva.

Sormijatkoskone sisältää myös runsaasti erilaisia antureita. Sormijatkoslinja sisältää kaikkiaan 10 optista anturia, 6 induktiivista anturia sekä 7 mekaanista lähestymiskytkintä. Koneessa on lisäksi sisällä erinäisiä antureita, jotka valvovat esim. hydrauliohjauksen painetta, lämpötilaa ja paineilman painetta. Osaa näistä antureista voidaan säätää. Tärkeimmät anturit ovat optiset anturit, jotka tulee säätää vastaamaan tehtyä puutavaradimensiota. Antureiden tulee ymmärtää, milloin koneessa on puuta ja milloin linja on vapaa toimilaitteiden toimia. Optisten antureiden säätö tapahtui säätöruuvia kääntämällä. Anturit oli jo valmiiksi asennettu koneeseen paikoilleen, mutta melkein kaikki anturit jouduttiin käyttämään irti, koska anturit olivat asennettu liian lähelle pöydän pintaa. Pienikin sahanpuruhiukkanen pöydällä aiheutti vikatilaa. Induktiivisten antureiden (6 kappaletta) tehtävänä on valvoa, milloin laitteet saavuttavat määränsänsä. Kolme niistä valvoo hydraulisyntereiden liikettä, kaksi valvoo jyrsinkelkan vastinpintoja sekä yksi sahan ylös-alas-liikettä. Rajakytkimien tehtävänä on pysäyttää hydraulisyntereiden sekä jyrsinkelkan liike, kun ne saavuttavat rajapisteensä.

8 LINJAN OPTIMOINTI

Linjan asennuksen ja käyntiinajon jälkeen alkoi sen optimointi. Linja tulee asennuksen jälkeen testata, ja sille tulee etsiä sopivat työstöarvot. Linja soveltuu hyvin monelle erilaiselle dimensiolle, joten sormijatkoskone täytyy optimoida jokaiselle puutavaradimensiolle erikseen. Yksi asia, mitä ei kuitenkaan tarvitse optimoida kuin asennusvaiheessa sekä jos koneen osia muutetaan, on linjan loppupään pituusmitta-anturi. Sormijatkoskone mittaa koneen perästä tulevan puutavaran pituuden pyörivällä pulssianturilla (kuva 23). Pulssianturin pyörivä nä kiekkona toimii hammasrattaan kaltainen piikikäs kiekko, joka pyörii puun pintaa pitkin.



Kuva 23. Jatketun puutavaran pituusmitta-anturi

Pulssianturin mittatarkkuudeksi on konetoimittajan toimesta annettu yksi promille, eli 1000 millimetrillä saa olla ± 1 millimetri heittoa. Pituusmitta-arvoa ohjattiin sormijatkoskoneen ohjaintietokoneella. Pulssianturin antamien pulssien määrää ei voi muuttaa, joten ohjainohjelmassa määritetään puutavaran pituus kertomalla, kuinka monta pulssia on 100 millimetriä. Vakioarvona ohjelmassa on, että 1075 pulssia vastaa 100 millimetriä. Etsittiin sopivaa arvoa tekemällä ensin pieniä 6 kappaleen sarjoja 50x150 mm kokoisesta sahatuottoisesta män-
tysahatavarasta. Toivottu ja koneelta tilattu pituus oli 5 metriä. Taulukossa 2 on saadut mit-
taustulokset.

Taulukko 2. Valmiiden kappaleiden pituus arvolla 1075=100 mm.

Kappale	1	2	3	4	5	6
Pituus(mm)	5080	5066	5074	5082	5082	5075

Sarjassa 1 keskipituus oli 5076,5 mm ja hajonta ± 9 mm. Kone sahasi siis ylipitkää tavaraa, ja myös sahauksen pituushajonta oli liian suurta. Anturin tutkimuksen jälkeen tultiin siihen tulokseen, että mitta-anturi ei ehkä painanut tarpeeksi lujaa puuta ja tästä johtuen hajonta oli näin suurta. Mitta-anturin asentoa muutettiin sekä vaihdettiin ohjaintietokoneelle arvoksi 1085 pulssia =100 mm. Taulukossa 3 on toisen sarjan mittaustulokset.

Taulukko 3. Valmiiden kappaleiden pituus arvolla 1085=100 mm.

Kappale	1	2	3	4	5	6
Pituus(mm)	5034	5035	5034	5032	5038	5038

Sarjassa 2 keskipituus oli 5035,16 mm ja hajonta ± 3 mm. Hajonta siis pieneni paljon, ja mitta-arvo liikkui lähemmäs toivottua. Nyt hajonta oli jo konetoimittajan lupaamissa rajoissa. Seuraavaksi päätettiin tehdä seuraava sarja anturi-arvolla 1095 pulssia =100mm. Taulukossa 4 on kolmannen testisarjan tulokset. Tulos oli yllättävä.

Taulukko 4. Valmiiden kappaleiden pituus arvolla 1095=100mm.

Kappale	1	2	3	4	5	6
Pituus(mm)	5083	5080	5080	5084	5084	5082

Sarjassa 3 keskipituus oli 5082,16 mm ja hajonta ± 2 mm. Tulos oli erilainen kuin oli odotettu. Vaikka arvoa muutettiin edelleen ylöspäin, oli pituuden ylimitta vain kasvanut. Jokin oli siis muuttunut. Vika oli vaiheen 1 jälkeinen anturin liikutus. Sen avulla saatiin korjattua hajonta, mutta samalla muutettiin myös hieman sen pyörintäasentoa, mikä vaikutti tulokseen. Oli siis muutettu arvoa kohdassa 2 ja 3 väärään suuntaan. Seuraavaan sarjaan muutettiin ohjaintietokoneeseen arvoksi 1065 pulssia = 100mm. Puutavaran loppumisen takia oli sarjassa 4 vain viisi kappaletta. Taulukossa viisi on saadut mittaustulokset

Taulukko 5. Valmiiden kappaleiden pituus arvolla 1065=100mm.

Kappale	1	2	3	4	5
Pituus(mm)	4938	4943	4939	4940	4944

Sarjassa 4 keskipituus oli 4940,8 mm ja hajonta ± 3 mm. Nyt haluttu pituus oli jo alle toivotun. Muutettiin arvoa nyt 1080 pulssiksi = 100 mm ja siirryttiin tekemään suurempia tuotannollisia koesarjoja. Sarjoissa tilattu pituus oli 2630 mm ja puutavara oli laadullisesti paljon huonompaa kuin sarjoissa 1 – 4. Sarjojen välissä kone pysäytettiin ja liimaustulos sekä pituus tarkistettiin. Taulukossa 6 ovat kolmen pitemmän testisarjan tulokset.

Taulukko 6. Sarjojen viisi, kuusi ja seitsemän pituus arvolla 1080=100mm.

Kappale\Sarja	Viisi	Kuusi	Seitsemän
1	2628	2625	2634
2	2630	2632	2627
3	2627	2629	2629
4	2633	2630	2630
5	2628	2631	2630
6	2628	2628	2626
7	2630	2627	2630
8	2628	2626	2627
9	2629	2630	2629
10	2627	2629	2630
11	-	2628	2627
12	-	2630	2629
13	-	2632	2628
14	-	2628	2630
15	-	2629	2631
16	-	2628	2627
17	-	2630	2629
18	-	2628	2630
19	-	2629	2631
20	-	2629	2628
Keskipituus	2628,8	2628,9	2629,1
Hajonta	± 3 mm	$\pm 3,5$ mm	± 4 mm

Pidempien sarjojen perusteella voitiin, sanoa että koneen mitta-anturi oli melko lähelle oikeassa. Kone teki puutavarasta keskimäärin 1 mm:n lyhyttä, mutta tällainen mittaheitto sallitaan puutavarassa. Koneen hajonta on testisarjassa hieman koneen toimittajan lupaaman promillen yli, mutta ottaen huomioon mitta-anturin toimintatavan sekä puutavaran huonon laadun tulos on tyydyttävä. Seuraavaksi kokeiltiin koneen mitta-anturin tarkkuutta jatkamalla 5 kappaletta 5 metrin mittaisia jatkettuja 49x148 mm lankkuja höylätystä tavarasta. Saatiin taulukon seitsemän mukainen tulos.

Taulukko 7. Valmiiden kappaleiden pituus höylätyllä tavaralla

Kappale	1	2	3	4	5
Pituus(mm)	5001	5000	4999	5000	4999

Mitta-anturi oli siis hyvin lähellä oikeaa ja pituusmitan vaihtelu johtui puutavaran mittaheitoista.

Koneen optimointi muilta osin täytyy jokaiselle puutavaran dimensiolle tehdä erikseen, joten käydään seuraavassa läpi vain perusteet, mitä osia ja miten optimointi suoritetaan. Ensin pitää säätää, kuinka ylös hydraulisylinterit nousevat, kun ne nousevat yläasentoon. Näin voidaan tehostaa tuotantoa selvästi, koska isojen hydraulisylinterien liikuttelu pitkiä työstömatkoja kuluttaa paljon aikaa.. Hydraulisylinterien liikematkaa rajoitetaan rajakytkimillä. Nämä rajakytkimet voidaan siirtää haluttuun korkeuteen, jonka jälkeen ne pysäyttävät sylinterit, kun ne saavuttavat rajakytkimen. Sylinterien alarajaa ei tarvitse rajoittaa, koska alarajana toimii puutavara.

Puutavaran liitospuristusaine, puutavaran kiinnittimien paine sekä puristusaika määräytyy puutavaran dimension mukaan. Koneella voidaan jatkaa puutavaraa, jonka leveys on 100 – 225 mm ja paksuus 32 – 125 mm, joten erilaisia variaatioita puutavaran mitoiksi on valtava määrä. Kone laskee puristusaineen automaattisesti, kun koneeseen syöttää puutavaran mitat. Näitä arvoja voidaan sitten korjata, kun seuraa koneen toimintaa. Sormien tulee mennä pohjaan asti, mutta sormet eivät saa halkaista uran pohjaa.. Tämä paine riippuu puutavaran tiheydestä, kosteudesta ja puulajista. Paine tulee säätää sopivaksi kokeiluperiaatteella. Sama koskee kiinnittimien painetta. Puutavara ei saa luistaa, mutta se ei myöskään saisi kovin pal-

jon puristua. Puristusaika riippuu liimasta ja sen määrästä. Yleensä 2 sekuntia on riittävä aika, että liima imeytyy paineen alla puuhun.

9 YHTEENVETO

Insinöörityönä sormijatkoslinjan käyttöönotto, optimointi ja erityisesti asennuksen suunnittelu oli todella haastava, antoisa ja monipuolinen työ.

Insinöörityössä sai perusteet puualan materiaaleista, sormijatkamisesta sekä linjan ja sen oheislaitteiden valinnasta, suunnittelusta ja asennuksesta. Työssä sain myös hyvät tiedot siitä millaista automatiikkaa sormijatkostuotantolinja sisältää ja miten linjaa ohjataan.

Työssä pääsi myös hieman sivuamaan virtausteknistä laskentaa, tuotannon suunnittelua sekä sähköopin perusteita.

Insinöörityössä pääsi soveltamaan käytännössä opittuja tietoja ja taitoja. Työssä jouduttiin myös hieman laajentamaan opittuja asioita sekä opiskelemaan puuta materiaalina laajemmin. Työn sisältö oli todella laaja, mikä teki lopputyön kirjallisesta raportoinnista hieman hankalaa. Työn rajaaminen oli vaikeaa ja kaiken työhön kuuluneen työn raportointi olisi vienyt aikaa runsaasti. Insinöörityössä suurin osa ajasta kului layoutien tekoon, sormijatkoslinjan ja oheislaitteiden asennukseen sekä koneen sisäänajoon.

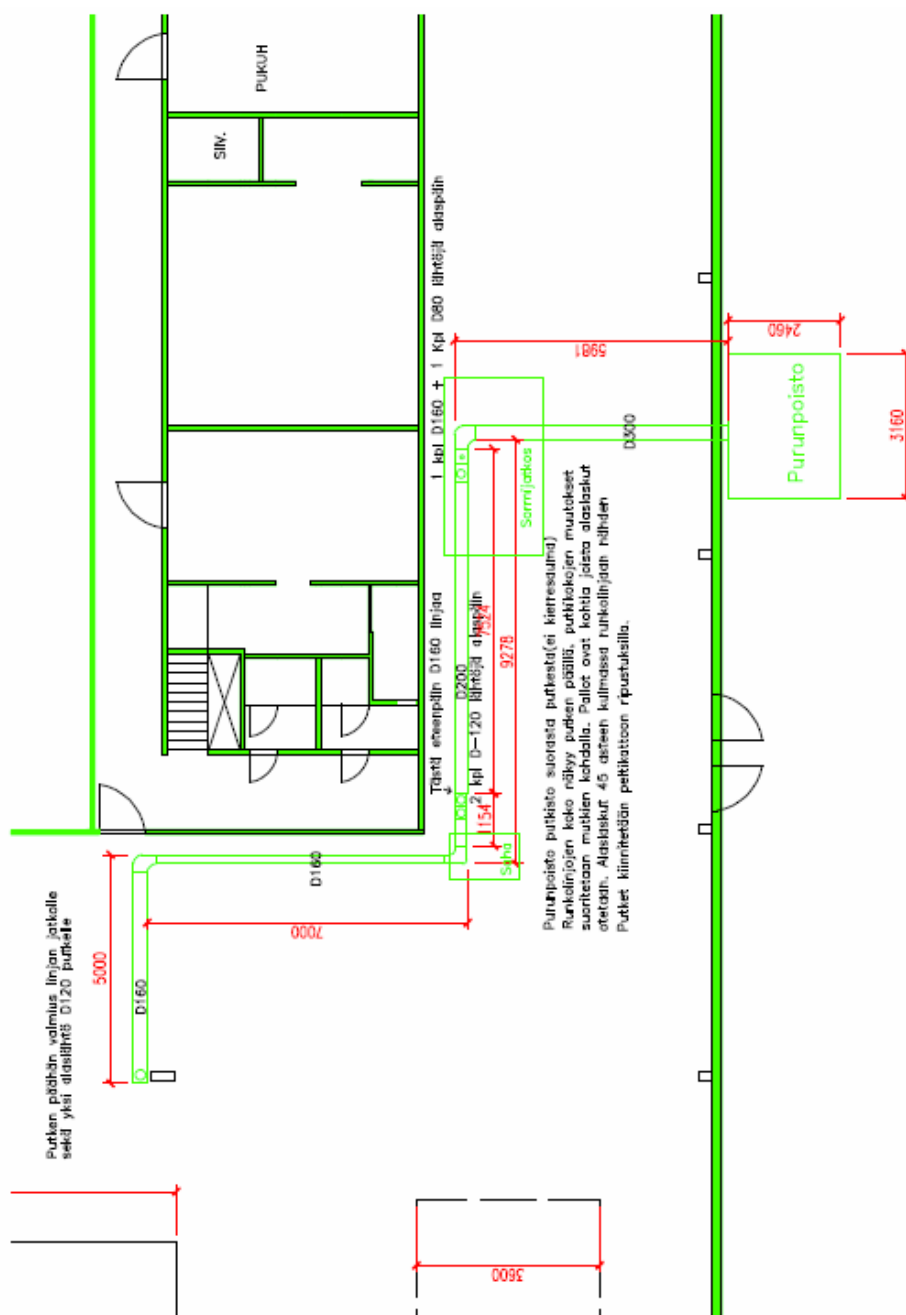
LÄHTEET

1. Sormijatkettu puutavara, luettu 10.4.2008
<http://www.uiah.fi/virtu/materiaalit/puuteknologia/5-3-sormijatkettu.html>
2. Lipitsäinen, Sahatavaran sormijatkaminen ja laadunvalvonta, kurssimateriaali 2007.
3. Pulkkinen, Lindgren, Virtanen, Suomi-Lindgren, Pajanen Puurakenneliimaus, Teknisen Korkeakoulun julkaisu, Otamedia Oy, Espoo 1998. ISBN 951-22-4365-2.
4. Spanevello Compact Basic Flat- sormijatkoskoneen käyttö ja huolto-ohjeet, 12/2007, julkaisija Spanevello.
5. Kompressorit, luettu 20.2.2008,
<http://productpagesct.atlascopco.com/index.asp?Lng=FI&Country=FI&Category=1>
6. Pussi-imuri, luettu 20.2.2008,
http://www.eurotec.fi/index.phtml?s=28&shop_pid=59
7. Eurotec Oy:n tarjous Sormijatkoslinjasta, 19.7.2007.
8. Lipitsäinen, Lujuuslajittelu, kurssimateriaali 2007.
9. Lipitsäinen Puun ominaisuudet lujuuslajittelun ja liimauksen kannalta, kurssimateriaali 2007.
10. Woodworkin Puuntyöstö-lehti numero 10/2007.

LIITTEIDEN LUETTELO

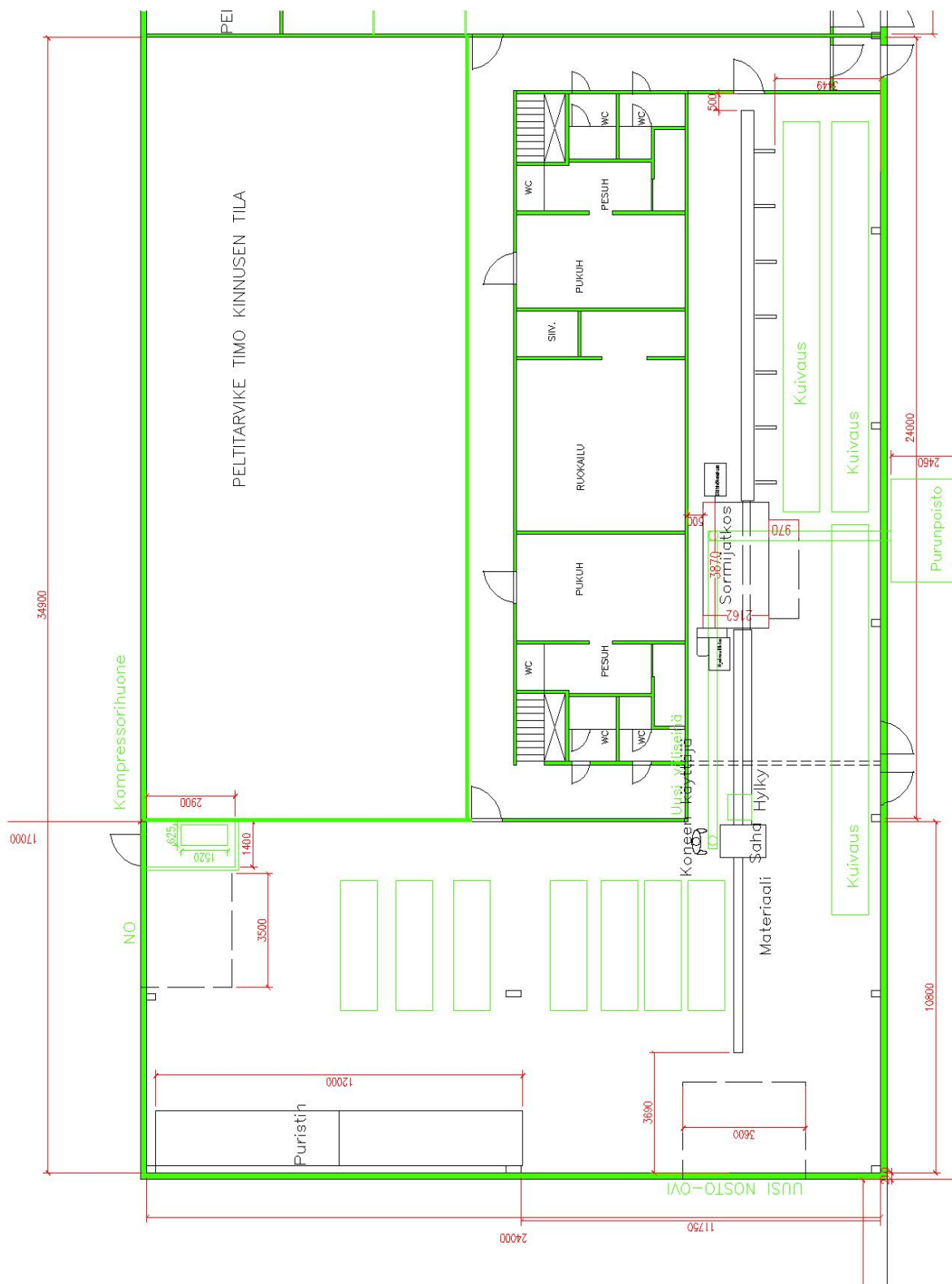
LIITE 1	Takoja-hallin piirustukset
LIITE 2	Purunpoiston putkilinjakuvat
LIITE 3	Linjan lopullinen layout

Liite 2. Purunpoiston putkikuva.



Kuva 23. Sormijatkoslinjan purunpoiston linjakuva.

Liite 3. Lopullinen Layout.



Kuva 24. Sormijatkoslinjan lopullinen layout.